



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Návrh energeticky efektivního rodinného domu Praha-Řeporyje

Design of an energy-efficient family house Prague-Reporyje

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Ctislav Fiala, Ph.D.

Štefan Tomašák

Praha 2016



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Tomašák

Jméno: Štefan

Osobní číslo: 412628

Zadávací katedra: K 124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb

Studijní program: SI - Stavební inženýrství

Studijní obor: C - Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh energeticky efektivního rodinného domu Praha - Řeporyje

Název bakalářské práce anglicky: Design of energy efficient family house Prague - Reporyje

Pokyny pro vypracování:

Krátká řešerše z oblasti nízkoenergetických a pasivních domů (cca 10 stran), návrh rodinného domu po demolici stávajícího s optimalizací z hlediska potřeby tepla na vytápění, návrh variant materiálového řešení s jejich vyhodnocením dle environmentálních kritérií a materiálových nákladů, zpracování stavební části PD v podrobnosti pro stavební povolení vybrané (vítězné) varianty vč. vybraných min. 3 stěžejných detailů + zpracování konceptu TZB (bilance, základní trasování).

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Ctislav Fiala, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 25.2.2016

Termín odevzdání bakalářské práce: 20.5.2016

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

25. 2. 2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „*Návrh energeticky efektivního rodinného domu Praha-Řeporyje*“ vypracoval samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury.

V Praze dne 20. 5. 2016

.....

Štefan Tomašák

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Ctislavu Fialovi, Ph.D. za konzultace a jeho odborné rady.

Obsah

| | |
|--|----|
| Abstrakt..... | 11 |
| Abstract..... | 11 |
| 1. Úvod do problematiky nízkoenergetických a pasivních staveb..... | 13 |
| 1.1 Úvod..... | 13 |
| 1.2 Historie energeticky efektivních budov | 13 |
| 1.3 Základní dělení energeticky efektivních budov | 14 |
| 2 Požadavky na návrh energeticky úsporných budov | 15 |
| 2.1 Dispozice objektu..... | 15 |
| 2.2 Tepelně izolační obálka budovy..... | 16 |
| 2.3 Větrání a vytápění | 17 |
| 2.4 Volba materiálu | 17 |
| 2.5 Vzduchotěsnost | 23 |
| 2.6 Výplně otvorů a případné přehřívání objektu | 24 |
| 3. Demolice stávající stavby | 24 |
| 4. Skladby | 26 |
| 4.1 Obvodový plášť | 26 |
| 4.2 Střešní plášť | 29 |
| 5. Ceny materiálových variant: | 31 |
| 5.1 Obvodový plášť | 31 |
| 5.2 Střešní plášť | 36 |
| 6. Environmentální hodnocení materiálových variant | 38 |
| 6.1 Obvodový plášť | 38 |
| 6.2 Střešní plášť | 39 |
| 7. Výběr výsledných materiálových variant | 40 |
| 7.1 Obvodový plášť | 40 |
| 7.2 Střešní plášť | 41 |
| 8. Statika | 43 |
| 8.1 Konstrukce střechy..... | 43 |
| 8.2 Stropní konstrukce | 44 |
| 8.3 Zdivo | 45 |
| 8.4 Základové konstrukce | 46 |
| 9. TZB..... | 48 |
| 9.1 Kanalizace | 48 |

| | |
|--------------------------|----|
| 9.2 Vodovod | 49 |
| 9.3 Větrání | 49 |
| 9.3 Vytápění..... | 50 |
| 10. Závěr..... | 50 |
| Seznam obrázků | 51 |
| Seznam tabulek | 51 |
| Použitá literatura | 52 |

Abstrakt

Téma práce: Návrh energeticky efektivního rodinného domu Praha Řeporyje

Jedná se o stavbu rodinného domu nacházející se v katastrálním území Praha-Řeporyje. Součástí práce je návrh několika materiálových variant obvodového pláště a jejich vyhodnocení z pohledu materiálových nákladů a environmentálních kritérií. Projekt je zpracován pro vybranou materiálovou variantu. Část práce tvoří rešerše z oblasti energeticky úsporných staveb.

Klíčová slova: rodinný dům, konstrukce, zdivo, izolace, materiál, environmentální, cena materiálu, energie

Abstract

Topic: Design of an energy-efficient family house Prague-Reporyje

This thesis is concerned with the construction of a family house situated in the cadastral area Prague-Reporyje. Part of this project are several material designs of the building external cladding and their evaluation. Evaluate the price of material and environmental standards. The project is elaborated for the final material variant. Other part of this project is a background research about energy-efficient buildings.

Keywords: family house, structure, masonry, isolation, material, environmental, price of material, energy

1. Úvod do problematiky nízkoenergetických a pasivních staveb

1.1 Úvod

Návrh energeticky efektivních staveb, ať už se jedná o stavby nízkoenergetické, pasivní či jakoukoli další variantu těchto budov, spočívá zejména ve výsledné úspoře energie, jejíž spotřeba vzniká užíváním objektu. Výsledný objekt má mít zpravidla minimální spotřebu energie na vytápění v zimním období a zároveň na chlazení v období letním. [1]

Zdroje energie potřebné pro provoz takového objektu se volí pokud možno obnovitelné. Samotný fakt, že bývají přednostně využívány obnovitelné zdroje energie, a také spotřeba energie je v průběhu ročního cyklu minimální, vede k výrazně menším negativním zásahům do životního prostředí. Objekty lze tedy často označit za ekologické, přičemž jejich užívání v dlouhodobém časovém horizontu se jeví jako finančně velice zajímavé, a to právě z důvodu minimální spotřeby energie. [1, 4]

Samotný objekt je ve velkém množství případů schopen energii efektivně získávat, například formou fotovoltaických panelů či větrných mikroelektráren. V případě, že se v blízkosti stavby nachází vodní tok vhodný pro návrh malé vodní elektrárny, lze využít nebo alespoň vzít v úvahu i tuto variantu. Kombinace těchto systémů získávání energie z obnovitelných zdrojů se může jevit jako velice efektivní. Vhodným zkombinováním lze dosáhnout vyrovnanějších zisků energie v průběhu ročního cyklu. [3,4]

1.2 Historie energeticky efektivních budov

Za jeden z nejstarších objektů, který lze označit jako energeticky efektivní, není paradoxně budova, ale dřevěný trojstěžník „Fram“ polárního badatele Fritjofa Nansena z roku 1883. Konstrukce lodi je popsána jako téměř dokonale těsná se vzduchotěsnou vrstvou, okno lodi bylo vybaveno trojitým sklem. Součástí vybavení byla větrná elektrárna pohánějící dynamo. [4]

První energeticky efektivní stavby v podobě budov se začínají objevovat až o několik desítek let později. První stavby významně pracovali s využitím solární energie a její následné akumulace. Nejednalo se pouze o pasivní zisky solární energie průhlednými

konstrukcemi budovy, natočenými zpravidla na jižní stranu objektu, ale i o získání energie aktivně, například formou solárních kolektorů. Akumulace je pak zajištěna nosnou konstrukcí z materiálů tepelně akumulacních, jako je například zdivo či beton, ale zároveň mohou být užity alternativní akumulací systémy, jako jsou vodní zásobníky. [2, 4]

Pohled na tuto problematiku se tedy relativně dlouho vyvíjel. V současné době je kladen velký důraz nejen na tepelně izolační obálku budovy, ale i na vzduchotěsné provedení stavby či návrh větrání. [2]

1.3 Základní dělení energeticky efektivních budov

1) Nízkoenergetické budovy:

Roční plošná měrná potřeba tepla na vytápění nepřesahuje hodnotu $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Obecně je za nízkoenergetický dům považována budova, jejíž potřeba tepla na vytápění je významně nižší než aktuální požadavky národních předpisů. Toho je dosaženo zejména odpovídající tepelně izolační obálkou budovy. [1, 3]

2) Pasivní budovy:

Pasivní domy musí splňovat všechna kritéria platná pro domy nízkoenergetické. Obecně se udává, že roční měrná potřeba tepla na vytápění nepřesahuje $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Výpočet se provádí měsíční metodou. Pasivní budovy jsou charakterizovány minimální potřebou energie na zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí a zároveň minimálním využíváním energie z neobnovitelných zdrojů. [1, 3]

3) Nulové budovy:

Je doporučeno, aby budovy splňovaly všechny požadavky pro domy pasivní. Roční měrná potřeba tepla na vytápění nepřesahuje $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Maximální doporučené hodnoty se pohybují v intervalu $0,3$ až $0,15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. [1, 3]

4) Energeticky nezávislé budovy:

Budovy, které jsou nezávislé na dodávkách energie z externích zdrojů. Technické řešení budovy by mělo odpovídat pasivním standardům. Zpravidla se jedná o budovy mimo zastavěné území, kdy napojení na energetické sítě není možné. [3]

5) Aktivní budovy:

Aktivní budova je vybavena vlastními energetickými zdroji, které vyrobí více energie než je zapotřebí pro užívání téže budovy. V případě přebytku je tato energie dodávána do sítě, případně přímo do okolních objektů. I v tomto případě je doporučeno, aby budova splňovala technické požadavky pro pasivní budovy. [5]

2 Požadavky na návrh energeticky úsporných budov

2.1 Dispozice objektu

Zde platí běžné zásady, které by měly být dodržovány při návrhu jakékoli obytné budovy. V případě, že se jedná o návrh energeticky úsporné budovy, je tento krok mnohem podstatnější než v případě návrhu budovy běžné. Klíčovou se jeví například orientace jednotlivých místností vůči světovým stranám. [1, 4]

Zároveň množství a orientace průhledných konstrukcí, umístěných v obvodovém plášti budovy (typicky okna), by se měly bezpodmínečně odvíjet od stejných zásad. Prosklené konstrukce se orientují přednostně na jižní stranu objektu. Zde umožňují dostatečné proslunění objektu a zároveň pasivní solární zisky tepla, jevící se jako nezanedbatelné a to zejména v zimním období. [1, 4]

Doporučená orientace místností v RD [4]:

Obývací pokoj: Z – JZ – J

Dětské pokoje: JZ – J – JV

Jídelna: JZ – J – JV

Ložnice: J – JV – V

Kuchyně: Z – SZ – S

Koupelna: Z – SZ – S

WC: V – SV – S

Úložné prostory: Z – S – V

Vstup: S- V

Jako poměrně důležitý prostor u rodinného domu, ale i u dalších typů obytných budov, se jeví zádveří. Jedná se o prostor, který je relativně často nárazově větrán a následně i ochlazován (v letním období naopak oteplován). V prostoru tedy dochází k intenzivnější tepelné zátěži a to v průběhu většiny ročního cyklu. Tedy tehdy, kdy je v exteriéru citelně odlišnější teplota od teploty v interiéru. Následně je tedy rozumné klást vyšší požadavky na tepelně izolační schopnost dveří mezi zádveřím a dalšími místnostmi. Celý prostor

může plnit různé praktické funkce, jako je například šatna či do jisté míry i úložný prostor. [4]

Orientace jednotlivých místností vůči světovým stranám a volba prosklených částí v obvodových konstrukcích se jeví jako klíčová a následné fungování stavby značně ovlivňuje. [1]

2.2 Tepelně izolační obálka budovy

Nároky na tepelně izolační obálku každé energeticky úsporné stavby jsou vyšší než nároky u běžných staveb. Platí, že u nízkoenergetických staveb by měly být dodrženy minimálně doporučené hodnoty na součinitel prostupu tepla U [$W/(m^2K)$] pro jednotlivé dílčí konstrukce (stanovené platnou tepelně technickou normou). Ty se ale často jeví jako nedostatečné. U pasivních staveb jsou tyto požadavky vyšší. Zde musí být splněny nezávisle na sobě podmínky pro součinitel prostupu tepla U [$W/(m^2K)$], jak pro jednotlivé dílčí konstrukce, tak pro celkový objekt. Hodnotí se tedy i součinitel prostupu tepla celkové obálky budovy. [1, 3, 4]

Řada publikací, zabývající se touto problematikou, uvádí přibližné tloušťky tepelných izolantů (za předpokladu, že se jedná o tepelně izolační materiál s běžným součinitelem tepelné vodivosti tj. $\lambda \sim 0,04 W/(mK)$.)

Hodnoty pro nízkoenergetické stavby [4]:

Podlaha na terénu: 150 mm

Obvodová stěna: 200 – 250 mm

Střešní konstrukce: 300 – 350 mm

Hodnoty pro pasivní stavby [4]:

Podlaha na terénu: 300 mm

Obvodová stěna: 300 – 400 mm

Střešní konstrukce: 500 – 600 mm

Tyto hodnoty jsou ale spíše orientační, daleko podstatnější je konstrukci navrhnout s odpovídajícím součinitelem prostupu tepla obvodových konstrukcí.

Doporučené hodnoty součinitelů tepla pro pasivní stavby [4]:

U [$W/(m^2K)$]

Obvodová stěna $\leq 0,15$

Střešní konstrukce $\leq 0,1$

Okna $\leq 0,75$ (U oken se pak jedná o výsledný součinitel prostupu tepla.)

2.3 Větrání a vytápění

Jako efektivní způsob větrání u budov energeticky úsporných se jeví návrh nuceného větrání s rekuperací tepla. Rekuperační jednotka umožňuje zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu. Tím je přiváděný vzduch v letním období ochlazován a v zimním období oteplován. Díky tomu dochází ke značné úspoře energie. [1, 2, 4]

Zároveň je bezpečně zajištěna intenzita větrání požadovaná z hygienických důvodů. Systém nuceného větrání má sice vyšší pořizovací náklady oproti větrání přirozenému či hybridnímu, intenzita výměny vzduchu je však zajištěna bez závislosti na větru a lze ji cíleně a snadno regulovat dle aktuální potřeby. [4]

Vzduchotechnická jednotka instalovaná v dané budově může přiváděný vzduch rovněž ohřívat a tím se podílet na vytápění objektu. Funkce ohřevu přiváděného vzduchu může být dostačující jako vytápění a v kombinaci s rekuperací tepla může tvořit zcela dostatečný zdroj tepla v zimním období pro vytápění celého objektu. Případně lze tento systém navrhnout jako dílčí systém vytápění, který se podílí na krytí celkové tepelné ztráty objektu. [1, 4]

Výměna vzduchu je stanovena $15\text{m}^3/\text{h}$ při klidové aktivitě a $25\text{m}^3/\text{h}$ při mírné fyzické zátěži osob. Za doporučenou hodnotu lze tedy označit hodnotu $25\text{m}^3/\text{h}$. Doporučená intenzita větrání je pro obytnou místnost $0,5\text{h}^{-1}$. [4]

Při návrhu vytápění je nutné navrhnout dostatečně malý zdroj tepla. Energeticky úsporné stavby pracují efektivně s minimálním množstvím energie a jsou schopny v průběhu ročního cyklu plně fungovat bez aktivního vytápění. To je potřeba jen v několika zimních měsících. [1, 4]

2.4 Volba materiálu

Volba materiálu je velice důležitý moment návrhu objektu. Fyzikální vlastnosti zvolených materiálů významně ovlivní chování budovy v průběhu jejího užívání. Řada základních fyzikálních vlastností jednotlivých materiálů nebývá často brána v potaz.

Podstatné vlastnosti materiálů:

- únosnost
- objemová hmotnost
- tepelně izolační schopnost
- akusticky izolační schopnost

- teplotní roztažnost
- tepelně akumulční vlastnosti
- hydroizolační vlastnosti
- protipožární odolnost
- šetrnost k životnímu prostředí
- pořizovací náklady

Obvodová stěna:

V případě, že se jedná o dřevostavbu, situace se podstatně liší od zděné konstrukce. Mezi hlavní přednosti dřevostavby patří: nízká hmotnost konstrukce, rychlost výstavby, menší tloušťka výsledné stěny a samozřejmě fakt, že se jedná o ekologický materiál.

Naopak mezi nevýhody patří: minimální akumulace tepla, nižší akusticky izolační schopnost nosné konstrukce, menší únosnost, menší vzduchotěsnost, nižší požární odolnost.

Naproti tomu u tradičních zděných staveb se setkáváme s vyšší hmotností konstrukce, větší únosností, významně větší tepelně akumulční schopností, delší dobou výstavby, lepší akusticky izolační schopností a větší tuhostí. Výsledná tloušťka konstrukce je ve srovnání s dřevostavbou znatelně větší. To má samozřejmě negativní vliv na velikost výsledné podlahové plochy.

Volba nosné konstrukce:

V případě dřevostavby se jako zajímavá možnost nabízí využití CLT panelů. Tyto prvky lze využít jako pohledové na straně interiéru a zároveň odpadá množství systémových tepelných mostů jako v případě tradičního lehkého skeletu vyplněného tepelnou izolací. [3]

V případě zděné budovy je na trhu velké množství nejrozumnějších variant zdících prvků.

a) Tvarovky vyplněné tepelně izolačním materiálem:

Tyto tvarovky nové generace umožňují stavbu z jednovrstvého zdiva. Jejich tepelně izolační schopnost se často blíží spíše schopnosti samotných tepelných izolantů než vlastnostem zdiva.

Příklady:



Obr. 1 Porotherm 38 T Profi [6]

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,077 \text{ W/(mK)}$

Součinitel prostupu tepla $U = 0,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ [6]



Obr. 2 Liapor SL 365 [7]

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,096 \text{ W/(mK)}$

Součinitel prostupu tepla $U = 0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ [7]

Při užití toho typu materiálu je nutné zmínit rozdíly oproti běžnému zdivu s kontaktním zateplovacím systémem. Jedná se o jednovrstvé zdivo o tloušťce až 500 mm. Tomu musí patřičně odpovídat i šířka základového pasu. Tím se mohou zvýšit náklady na realizaci objektu, jako například výkopové práce, odvoz zeminy, množství spotřebovaného betonu. Tepelně akumulční vlastnosti takového zdiva jsou významně menší. Akusticky izolační vlastnosti jsou různé, odvíjejí se od typu

výplňového materiálu. Únosnost tohoto materiálu je zcela jistě menší ve srovnání se zdivem plným o stejné tloušťce.

Například:

Porotherm 38 T Profi – pevnost P8

Porotherm 38 S Profi (bez výplně) – pevnost P10

Cihly plné pálené – pevnost P15 , P20

Každá takováto tvarovka obsahuje jisté tepelné mosty, což je tvořeno tím, že vrstva tepelného izolantu je pravidelně přerušována materiálem tvořícím nosnou část tvarovky. (Tyto tepelné mosty jsou zahrnuty do průměrných součinitelů tepelné vodivosti a součinitelů prostupu tepla.) Další tepelné mosty vznikají v příčných i podélných spárách. Ty jsou ovšem případ od případu odlišné a dovíjejí se od technologické kázně a dodržování předepsaných postupů. Samotná nosná část konstrukce je pak vystavována teplotní roztažnosti a to významně se lišící na straně interiéru a na straně exteriéru. Problémy mohou tvořit i výplně otvorů a to z hlediska napojení na tepelnou izolaci. Oproti tomu jako jasnou výhodu lze označit rychlost výstavby, která se s využitím tohoto materiálu znatelně zvyšuje. Zároveň je vyšší i výsledná mechanická odolnost obvodového pláště oproti tradičnímu řešení s kontaktním zateplovacím systémem. [4]

b) Tradiční zdivo s kontaktním zateplovacím systémem:

Existuje možnost využití odlehčených nosných tvarovek, které mají oproti konzervativním plným zdíciím prvkům lepší tepelně izolační schopnosti. Tato varianta zdiva je méně únosná, to vede k větší tloušťce nosné konstrukce, zároveň tepelně izolační schopnost takového materiálu je až o jeden řád horší ve srovnání s běžnou tepelnou izolací. Výsledná tloušťka obvodové stěny se tedy zvýší. To se negativně projeví ve výsledné velikosti podlahové plochy. [1, 4]

Využití tradičního plného zdiva v kombinaci s odpovídající tloušťkou tepelného izolantu se tedy jeví jako vhodnější varianta. Výsledná konstrukce je o poznání menší tloušťky, tím vzroste velikost podlahové plochy. Výhodou této varianty je zároveň lepší akusticky izolační schopnost a větší schopnost akumulace tepla. [1, 4]

Jako rozumnou variantou pro nosné zdivo se v tomto případě mohou uplatnit například vápenopískové bloky či cihly plné pálené nebo betonové tvarovky. Nutné je ale zmínit pracnost, kdy malé zdící prvky mohou znatelně zpomalovat rychlost výstavby. (případ tradičních cihel plných pálených)

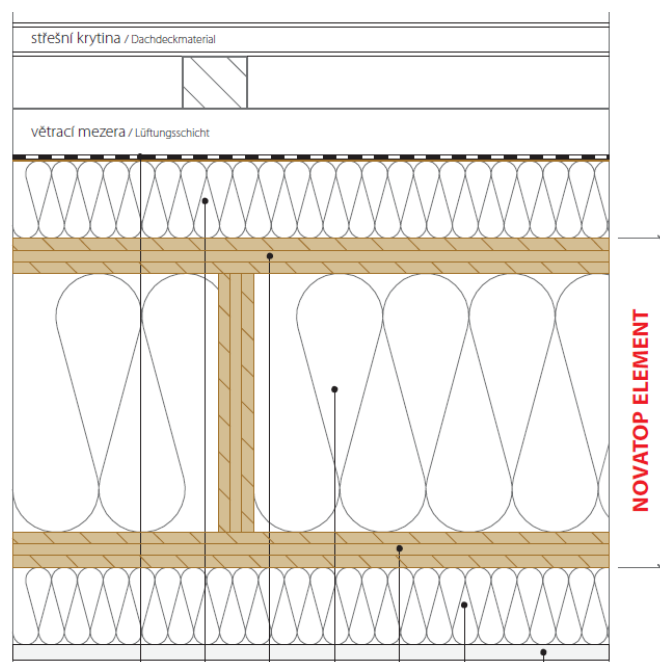
Konstrukce střechy:

Varianta ploché střechy je méně problematická z hlediska zateplení. Umožňuje položení libovolného množství tepelného izolantu bez významnějších technických problémů. Zároveň riziko tepelných mostů není tak vysoké jako u střech sklonitých. Plochá střecha se tedy obecně jeví jako vhodnější konstrukce pro objekty energeticky úsporné. [4]

V některých případech je konstrukce sklonité střechy vyžadována územním plánem pro nenarušení vesnického rázu okolí či samotným investorem z důvodů estetických i jiných. V takovém případě je vhodné uzpůsobit nosnou část konstrukce tak, aby byly tepelné ztráty co nejnížší. U běžné konstrukce střechy s běžnými rozměry krokví je mezi krokevní tepelná izolace nedostatečná. Vhodné jsou samozřejmě krokve úzké → při vyplnění mezikrokevního prostoru tepelnou izolací vzniká v každé krokvi liniový tepelný most. Jeho podstatnost lze do jisté míry zmenšit přidáním tepelné izolace. Lze volit nadkrokevní, podkrokevní či kombinovaný systém. Všechny tyto systémy mají jak výhody, tak nevýhody. U nadkrokevní izolace je nosná část střechy chráněna tepelnou izolací proti teplotní roztažnosti. Naproti tomu dosažení potřebné vzduchotěsnosti je v tomto případě problematičtější nežli u použití podkrokevní izolace. [4]

Další možností je využití dřevěných nosníků průřezu „I“. V takovém případě se vliv liniového tepelného mostu sníží. (V případě vyplnění mezikrokevního prostoru tepelnou izolací.) Taková konstrukce může efektivně fungovat i bez přidaného množství tepelného izolantu, je-li výška nosníků a tedy i prostor pro tepelnou izolaci dostatečný. Použití další vrstvy izolantu je ale zcela jistě vhodné. [1]

Jako další variantu konstrukčního řešení lze uvést například použití CLT panelů. Tyto panely jsou poměrně únosné i pro větší rozpětí. Jejich konstrukce je vyplněna tepelnou izolací a sama o sobě dosahuje velkého tepelného odporu. Samozřejmě i zde je možné umístit další vrstvu tepelného izolantu a to jak na stranu exteriéru, tak na stranu interiéru od této konstrukce. V případě umístění tepelného izolantu na konstrukci nosného panelu, může být tento panel na straně interiéru bez povrchové úpravy.



Obr. 3 Příklad střešní konstrukce z CLT panelů, systém NovaTop [8]

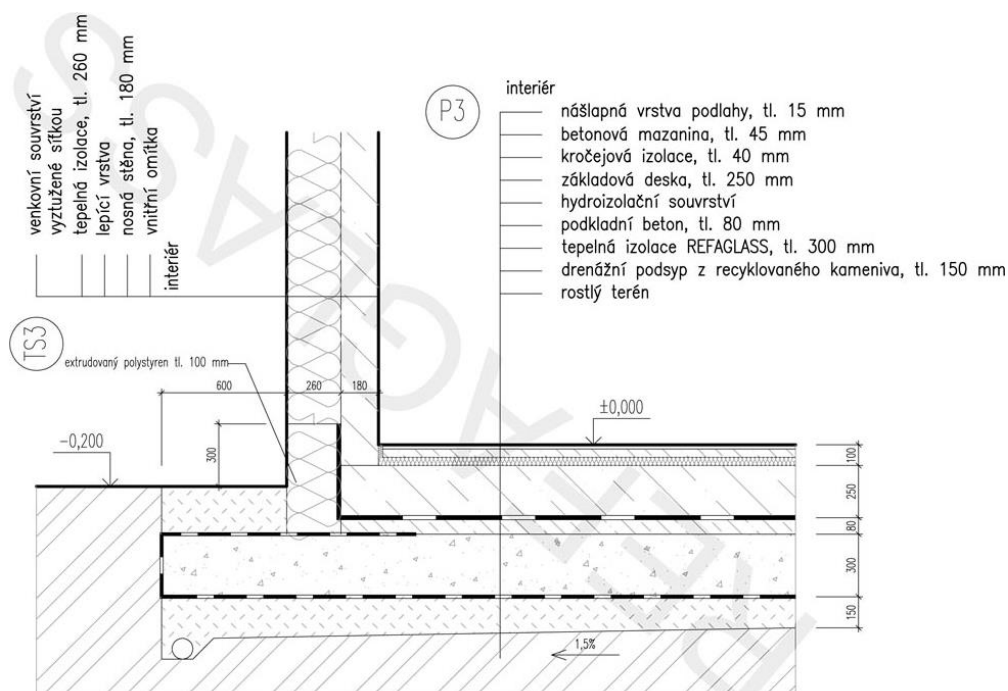
Jako další možnost je využití dřevěných vazníků. Ty mohou být nejrůznějšího typu od plnostěnných až po různé varianty příhradového typu. V případě příhradového vazníku menší výšky (tloušťky) lze celý prostor mezi vazníky i mezi jednotlivými prvky vazníku vyplnit tepelným izolantem. Pro tyto účely se asi nejvíce hodí stříkaná pěnová tepelná izolace, která dokáže prostor téměř dokonale vyplnit. Celou konstrukci lze samozřejmě doplnit i dodatečnou izolací v podhledu či na nosné konstrukci jako v předchozích příkladech.

Základové konstrukce:

V případě staveb energeticky efektivních je ideální dosáhnout spojitě tepelně izolační obálky celé budovy. To znamená zateplení případné spodní stavby a základových konstrukcí. Toto zateplení lze provést různými způsoby.

Jako jednou z variant jsou základy nezateplené, kde je nutné navrhnout dostatečnou tloušťku tepelného izolantu do konstrukce podlahy spodního patra. K dosažení nepřerušené tepelně izolační obálky budovy je nutné tepelnou izolaci napojit na vrstvu tepelného izolantu na fasádě objektu. U zděných staveb se může využít pěnové sklo, kterým lze nahradit spodní řadu cihel. Tento materiál je dostatečně únosný pro přebrání vzniklého zatížení a zároveň je dostatečně dobře tepelně izolujícím. Na straně exteriéru je napojen na kontaktní zateplovací systém a na straně interiéru na tepelnou izolaci v konstrukci podlahy. Tím je potenciální tepelný most dostatečně eliminován. [1, 4]

Jako další variantu lze zvolit nepřerušovanou tepelně izolační obálku vně základových konstrukcí. Toto řešení je technicky vhodné hlavně v případě základových desek. Základová konstrukce pak plní zároveň funkci tepelně akumulární a nezanedbatelně tím může přispívat k celkové tepelně akumulární schopnosti objektu. [1]



Obr. 4 Zateplení základové desky systém Refaglass [9]

2.5 Vzduchotěsnost

Nedostatečná vzduchotěsnost se může u energeticky úsporných staveb projevit mnohem výrazněji než u staveb tradičních. U energeticky úsporných budov jsou veškeré běžné tepelné ztráty významně nižší než u běžných staveb. Vliv vzduchotěsnosti na výsledné tepelné ztráty objektu je tedy podstatně vyšší oproti běžným stavbám. [1, 4]

U zděných staveb je dosažení dostatečné vzduchotěsnosti jednodušší. Jako dostatečně vzduchotěsná konstrukce je obecně považována zeď, na které tvoří povrchovou úpravu z obou stran omítka. Samozřejmě za předpokladu, že nedojde k porušení omítky a rozvoji trhlin. V případě zděné konstrukce jsou tedy problémové zejména výplně otvorů. K jejich utěsnění se používají nejčastěji vzduchotěsné lepicí pásy. [1, 4]

U konstrukce dřevěné je pak situace složitější. Jako vzduchotěsná vrstva může být považována vrstva OSB desek s přelepenými spárami obdobnými vzduchotěsnými pásy. Lze samozřejmě použít i různé druhy fólií, zde jsou ale klíčové spoje jednotlivých dílů. Vzduchotěsné vrstvy na sebe musí vždy navazovat, nemůže dojít k přerušení této

vrstvy, je tedy potřebné odpovídajícím způsobem vyřešit návaznost jednotlivých částí budovy.

2.6 Výplně otvorů a případné přehřívání objektu

Výplně otvorů v obvodové stěně jsou zdrojem významných tepelných ztrát. Typicky se jedná například o okenní konstrukce. Vliv těchto konstrukcí na celkovou obálku budovy se přímo odvíjí od způsobu jejich osazení. Konstrukce okenního otvoru musí být za všech okolností stabilní a to jak v otevřené, tak v uzavřené poloze. Zároveň musí být konstrukce dostatečně těsná. Vniknutí dešťové vody ze strany exteriéru je nepřijatelné. Zároveň musí být spoje provedeny vzduchotěsně. Z pohledu tepelných ztrát se jako optimální způsob osazení oken jeví předsazení okenní konstrukce do tepelného izolantu. Středová rovina okna by se měla přibližovat středové rovině tepelného izolantu. Přes okenní rám musí být dostatečně přetažena vrstva tepelného izolantu. [1, 4]

V případě dveřního otvoru jsou požadavky podobné. Důležitý je zde ale i požadavek na odolnost vůči násilnému vniknutí cizích osob do objektu. Návaznost dveřního otvoru na tepelnou izolaci je důležitý. Ze stabilitních důvodů je ale vhodné dveře osadit do nosné části konstrukce. Není nutné je předsazovat do tepelné izolace.

V případě jakýchkoli prosklených konstrukcí v obvodové stěně hraje klíčovou roli orientace vůči světovým stranám. Množství prosklených ploch orientovaných na severní stranu by mělo být minimální. Naopak na stranu jižní je jejich orientace doporučena. V zimním období vznikají významné pasivní tepelné zisky ze solární energie. Stejně zisky se jeví jako nežádoucí v období letním. Aby nedocházelo k přehřívání objektu, je vhodné umístění clon před okenní konstrukce na stranu exteriéru. V kombinaci například s nočním větráním (chlazením) je opatření často plně dostačující. K tepelnému komfortu celého objektu přispívá samozřejmě i akumulační schopnost konstrukce a tepelně izolační obálka budovy. [1, 4]

3. Demolice stávající stavby

Původní stavba bude kompletně zdemolována. Vzniklá suť bude odvezena. Důvodem je nevyhovující technický stav stávajícího objektu.



Obr. 5 Původní objekt z příjezdové komunikace- severovýchod



Obr. 6 Původní objekt - jihozápad



Obr. 7 Původní objekt – stávající krov

4. Skladby

Cílem je zvolit materiálovou variantu, která je přijatelná jak z pohledu environmentálních a finančních kritérií, tak z pohledu základních fyzikálních vlastností a celkové tloušťky konstrukce.

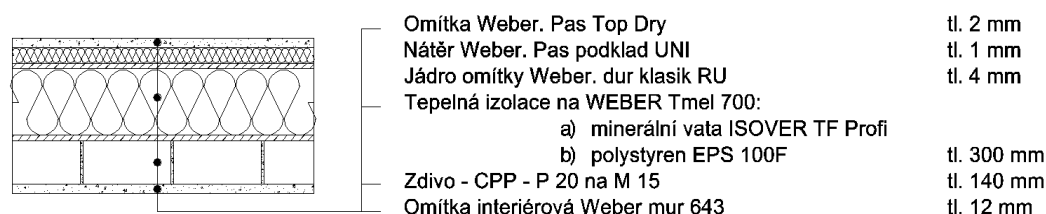
4.1 Obvodový plášť

VARIANTA 1:

Zdivo z cihel plných pálených P 20 na maltu M 15 tloušťky 140 mm s kontaktním zateplením. Tepelná izolace tloušťky 300 mm ve dvou variantách:

- a) minerální vata
- b) fasádní polystyren

Desky tepelného izolantu jsou celoplošně lepeny ve dvou vrstvách. Spodní vrstva izolantu je připevněna fasádními hmoždinkami. Povrchovou úpravu na straně exteriéru tvoří tenkovrstvá omítka. Na straně interiéru je navržena jednovrstvá interiérová omítka.



Obr. 8 Skladba obvodového pláště – varianta 1

Součinitel prostupu tepla:

- vliv povrchové úpravy a lepidel zanedbávám

a)

$$R = \sum (l/\lambda) = 0,14/0,9 + 0,3/0,036 = \underline{8,49 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U = 1/(R_{si} + R + R_{se}) = 1/ (0,13 + 8,49 + 0,04) = \underline{0,115 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

b)

$$R = \sum (l/\lambda) = 0,14/0,9 + 0,3/0,037 = \underline{8,26 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U = 1/(R_{si} + R + R_{se}) = 1/ (0,13 + 8,26 + 0,04) = \underline{0,119 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

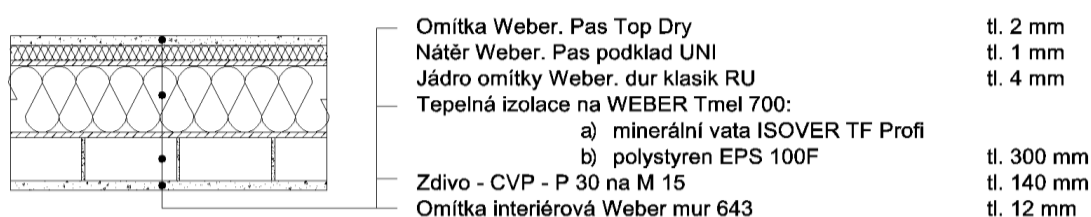
VARIANTA 2:

Zdivo z cihel Vápenopískových P 30 na maltu M 15 tloušťky 140 mm s kontaktním zateplením. Tepelná izolace tloušťky 300 mm ve dvou variantách:

a) minerální vata

b) fasádní polystyren

Desky tepelného izolantu jsou celoplošně lepeny ve dvou vrstvách. Spodní vrstva izolantu je připevněna fasádními hmoždinkami. Povrchovou úpravu na straně exteriéru tvoří tenkovrstvá omítka. Na straně interiéru je navržena jednovrstvá interiérová omítka.



Obr. 9 Skladba obvodového pláště – varianta 2

Součinitel prostupu tepla:

- vliv povrchové úpravy a lepidel zanedbávám

a)

$$R = \sum (1/\lambda) = 0,14/0,9 + 0,3/0,036 = \underline{8,49 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U = 1/(R_{si} + R + R_{se}) = 1/ (0,13 + 8,49 + 0,04) = \underline{0,115 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

b)

$$R = \sum (1/\lambda) = 0,14/0,9 + 0,3/0,037 = \underline{8,26 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U = 1/(R_{si} + R + R_{se}) = 1/ (0,13 + 8,26 + 0,04) = \underline{0,119 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

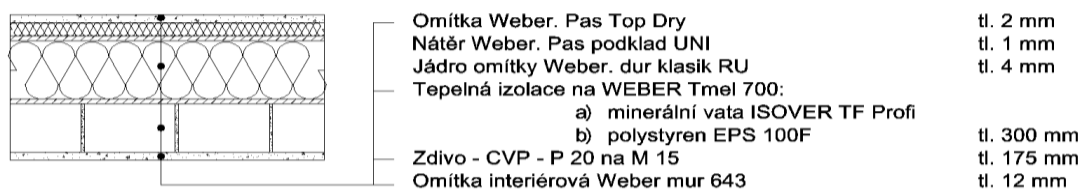
VARIANTA 3:

Zdivo z Vápenopískových bloků P 20 na maltu M 15 tloušťky 175 mm s kontaktním zateplením. Tepelná izolace tloušťky 300 mm ve dvou variantách:

a) minerální vata

b) fasádní polystyren

Desky tepelného izolantu jsou celoplošně lepeny ve dvou vrstvách. Spodní vrstva izolantu je připevněna fasádními hmoždinkami. Povrchovou úpravu na straně exteriéru tvoří tenkovrstvá omítka. Na straně interiéru je navržena jednovrstvá interiérová omítka.



Obr. 10 Skladba obvodového pláště – varianta 3

Součinitel prostupu tepla:

- vliv povrchové úpravy a lepidel zanedbávám

a)

$$R = \sum (1/\lambda) = 0,175/0,9 + 0,3/0,036 = \underline{8,53 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U = 1/(R_{si} + R + R_{se}) = 1/ (0,13 + 8,53 + 0,04) = \underline{0,115 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

b)

$$R = \sum (1/\lambda) = 0,175/0,9 + 0,3/0,037 = \underline{8,30 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

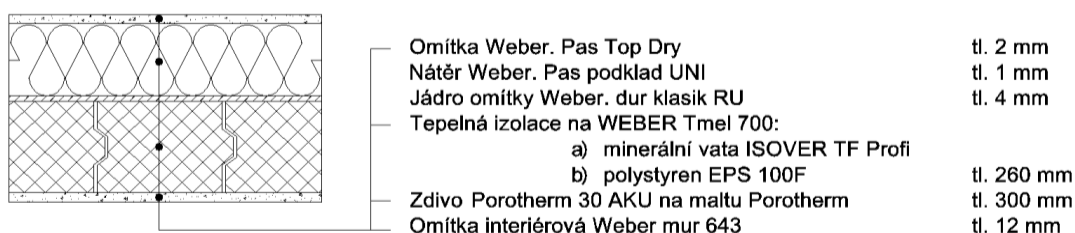
$$U = 1/(R_{si} + R + R_{se}) = 1/ (0,13 + 8,30 + 0,04) = \underline{0,118 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

VARIANTA 4:

Zdivo z Cíhel Porotherm 30 AKU P+D tloušťky 300 mm s kontaktním zateplením.
Tepelná izolace tloušťky 260 mm ve dvou variantách:

- a) minerální vata
- b) fasádní polystyren

Desky tepelného izolantu jsou celoplošně lepeny v jedné vrstvě, s užitím fasádních hmoždinek. Povrchovou úpravu na straně exteriéru tvoří tenkovrstvá omítka. Na straně interiéru je navržena jednovrstvá interiérová omítka.



Obr. 11 Skladba obvodového pláště – varianta 4

Součinitel prostupu tepla:

- vliv povrchové úpravy a lepidel zanedbávám

a)

$$R = \sum (l/\lambda) = 0,3/0,35 + 0,3/0,036 = \underline{8,08 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U = 1/(R_{si} + R + R_{se}) = 1/(0,13 + 8,53 + 0,04) = \underline{0,121 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

b)

$$R = \sum (l/\lambda) = 0,3/0,35 + 0,3/0,037 = \underline{7,88 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U = 1/(R_{si} + R + R_{se}) = 1/(0,13 + 8,30 + 0,04) = \underline{0,124 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})}$$

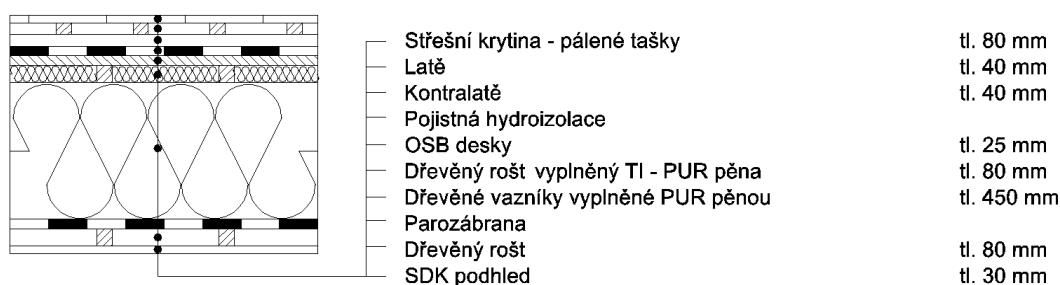
4.2 Střešní plášť

Jedná se o sklonitou střešní konstrukci, která je v dané lokalitě nutná z pohledu územního plánu. Střešní konstrukce je navržena jako mansardová střecha. Ta poskytuje dostatečný prostor pro trvalé užívání interiéru jako pobytové plochy.

VARIANTA S1:

Dřevěné vazníky vyplněné tepelně izolační PUR pěnou. Na straně exteriéru pobité OSB deskami tl 25 mm na dřevěném roštu. Střešní krytinu tvoří pálené střešní tašky na latování. Na straně interiéru tvoří povrchovou úpravu SDK podhled kotvený

na dřevěný rošt. Osová vzdálenost jednotlivých vazeb je 1,3 m z důvodu dostatečného prostoru pro umístění okna.



Obr. 12 Skladba střešního pláště – varianta 5

Součinitel prostupu tepla:

- vliv povrchové úpravy zanedbávám
- množství dřevěných prvků v tepelné izolaci uvažuji jako 10% z celkového objemu konstrukce (na str. bezpečnosti)

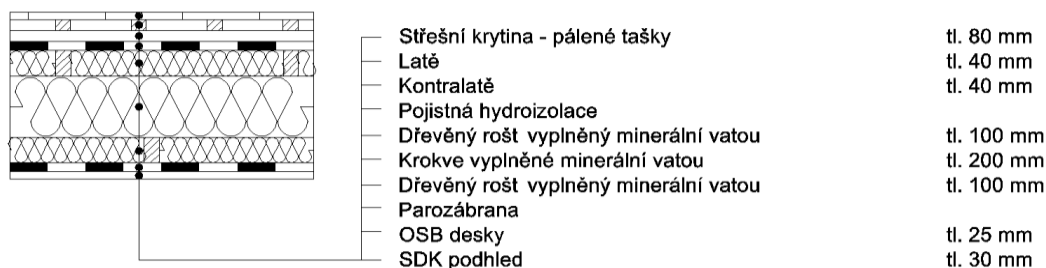
$$\lambda_{ekv} = (0,9 \times 0,037 + 0,1 \times 0,2) = \underline{0,053 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

$$R = \sum (1/\lambda) = 0,53/0,053 = \underline{10 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U = 1/(R_{si} + R + R_{se}) = 1/(0,1 + 10 + 0,04) = \underline{0,099 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

VARIANTA S2:

Dřevěný mansardový krov zateplený minerální vatou. Na straně exteriéru i interiéru je dřevěný rošt vyplněný rovněž minerální vatou. Zároveň působí jako ztužení štíhlých krokví. Střešní krytinu tvoří pálené střešní tašky na laťování. Na straně interiéru tvoří povrchovou úpravu SDK podhled kotvený na zmíněný dřevěný rošt. Osová vzdálenost jednotlivých vazeb je 1,3 m z důvodu dostatečného prostoru pro umístění okna.



Obr. 13 Skladba střešního pláště – varianta 6

Součinitel prostupu tepla:

- vliv povrchové úpravy zanedbávám
- dřevěný rošt: prvky 100 x 60 mm vzdáleny 800mm (sv. rozpětí)
- krokve průřezu 200 x 80 mm vzdáleny osově 1,3 m

$$\lambda_{\text{ekv,rošt}} = (0,8 \times 0,036 + 0,06 \times 0,2) / 0,86 = \underline{0,047 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

$$\lambda_{\text{ekv,krokev}} = (1,22 \times 0,036 + 0,08 \times 0,2) / 1,3 = \underline{0,046 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

$$R = \sum (1/\lambda) = 0,2/0,047 + 0,2 / 0,046 = \underline{8,6 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

$$U = 1/(R_{\text{si}} + R + R_{\text{se}}) = 1/ (0,1 + 8,6 + 0,04) = \underline{0,114 \text{ W/(m}^2\text{K)}}$$

5. Ceny materiálových variant:

Je zohledňována pouze cena materiálů. Cena realizace a dopravy materiálu není započítána. Výsledné ceny jsou zaokrouhleny na celé koruny. Veškeré ceny jsou uváděny včetně DPH.

5.1 Obvodový plášť

CENY MATERIÁLŮ:

Cihly plné pálené P 20:

$$6,5 \text{ Kč / ks} \rightarrow 45 \times 6,5 = \underline{293 \text{ Kč/m}^2} \quad [10]$$

$$(1000 \times 1000) / (65 \times 300) = 44,44\text{ks} \sim \underline{45\text{ks}}$$

Vápenopískové cihly P 30:

$$10 \text{ Kč / ks} \rightarrow 45 \times 10 = \underline{450 \text{ Kč/m}^2} \quad [11]$$

$$(1000 \times 1000) / (65 \times 300) = 44,44\text{ks} \sim \underline{45\text{ks}}$$

Vápenopískové bloky P 20:

$$\underline{699\text{Kč/m}^2} \quad [12]$$

Cihly Porotherm 30 AKU P+D:

$$50\text{Kč / ks} \rightarrow 16 \times 50 = \underline{800 \text{ Kč/ m}^2} \quad [13]$$

$$(1000 \times 1000) / (250 \times 250) = \underline{16\text{ks}}$$

Malta M 15:

$$\underline{278 \text{ Kč/25 kg, při tl. 10 mm}} \rightarrow 16 \text{ kg / m}^2 \quad [14]$$

- pro šířku zdiva 140 mm: 45ks cihel / m²

$$\rightarrow 45 \times (0,14 \times 0,3 + 0,075 \times 0,14) = \underline{=2,36 \text{ m}^2} \text{ (malty)}$$

$$\text{cena malty na 1 m}^2 \text{ zdiva: } 2,36 \times 16 = 37,8 \text{ kg, } 278 / 25 \times 37,8 = \underline{420 \text{ Kč / m}^2} \text{ zdi}$$

- pro šířku zdiva 175 mm

rozměry zdícího prvku: 113 x 240 x 175 mm,

1000/113 ~ 9 řad zdiva na výšku 1 m

→ $9 \times 0,175 \times 1 = \underline{1,575 \text{ m}^2} \rightarrow 1,575 \times 0,7 \times 16 = \underline{17,64 \text{ kg}}$ (ložné spáry)

$4 \times 0,175 \times 1 = \underline{0,7 \text{ m}^2} \rightarrow 0,7 \times 16 = \underline{11,2 \text{ kg}}$ (styčné spáry)

cena malty celkem: $(17,64 + 11,2) / 25 \times 278 = \underline{320 \text{ Kč} / \text{m}^2}$ zdi

Malta Porotherm pro zdění:

[15]

tl. 12 mm, cena 485 Kč / 40 l; 0,45kg/l; 20 l vody na 50 l suché směsi; pouze

ložné spáry; 4 řady ložných spár na výšku 1 m zdiva → $4 \times 0,3 \times 1 \times 0,012 =$

$\underline{0,0144 \text{ m}^3}$ hotové směsi na 1 m² zdiva ; $(20 \times 1 + 50 \times 0,45) / 70 = \underline{0,61 \text{ kg} / \text{l}}$

cena celkem: $14,4 / 7 \times 5 = \underline{10,3 \text{ l}}$ suché směsi → $485 / 40 \times 10,3 = \underline{125 \text{ Kč} / \text{m}^2}$

Cena tepelné izolace:

Minerální vata Isover TF Profit

[16]

- tl. 300 mm: $\underline{762 \text{ Kč} / \text{m}^2}$

- tl. 260 mm: $\underline{660 \text{ Kč} / \text{m}^2}$

Polystyren EPS 100 F

[17]

- tl. 300 mm : 545 Kč / m²

- tl. 260 mm : 472 Kč / m²

Weber tmel 700:

[18]

$223 \text{ Kč} / 25 \text{ kg} ; 7 \text{ kg} / \text{m}^2 ; 233/25 \times 7 = \underline{66 \text{ Kč} / \text{m}^2}$

Weber dur klasik RU – jádrová omítka:

[18]

$97 \text{ Kč} / 25 \text{ kg} \rightarrow \underline{26 \text{ Kč} / \text{m}^2}$

Weber Pas podklad UNI (podkladní nátěr):

[18]

$0,2 \text{ kg} / \text{m}^2 ; 1 \text{ kg} = 70 \text{ Kč} \rightarrow \underline{14 \text{ Kč} / \text{m}^2}$

Weber Pas Top Dry – tenkovrstvá omítka:

[18]

$30 \text{ kg} - 1 \text{ 755 Kč} ; 1,5 \text{ kg} / \text{m}^2 \rightarrow \underline{88 \text{ Kč} / \text{m}^2}$

Weber mur 643 – sádrová omítka interiérová:

[18]

$9 \text{ kg} / \text{m}^2 ; 254 \text{ Kč} / 30 \text{ kg} \rightarrow \underline{76 \text{ Kč} / \text{m}^2}$

Hmoždinky Weber SD-5:

[18]

$10 \text{ Kč} / \text{ks} \rightarrow \underline{50 \text{ Kč} / \text{m}^2}$

Perlinka:

[19]

$640 \text{ Kč} / 50 \text{ m}^2 \rightarrow \underline{13 \text{ Kč} / \text{m}^2}$

VARIANTA 1a:

| | |
|------------------------|------------------------------|
| Cihly plné pálené : | 293 Kč /m ² |
| Malta M 15: | 420 Kč /m ² |
| Tepelná izolace: | 762 Kč /m ² |
| Weber tmel 700 x 2: | 124 Kč /m ² |
| Weber dur klasik RU: | 26 Kč / m ² |
| Weber Pas podklad UNI: | 14 Kč / m ² |
| Weber Pas Top Dry: | 88 Kč / m ² |
| Weber mur 643: | 76 Kč / m ² |
| hmoždinky Weber SD-5: | 50 Kč / m ² |
| <u>Perlinka:</u> | <u>13 Kč / m²</u> |
| Cena celkem: | 1866 Kč / m ² |

VARIANTA 1b:

| | |
|------------------------|------------------------------|
| Cihly plné pálené : | 293 Kč /m ² |
| Malta M 15: | 420 Kč /m ² |
| Tepelná izolace: | 545 Kč /m ² |
| Weber tmel 700 x 2: | 124 Kč /m ² |
| Weber dur klasik RU: | 26 Kč / m ² |
| Weber Pas podklad UNI: | 14 Kč / m ² |
| Weber Pas Top Dry: | 88 Kč / m ² |
| Weber mur 643: | 76 Kč / m ² |
| hmoždinky Weber SD-5: | 50 Kč / m ² |
| <u>Perlinka:</u> | <u>13 Kč / m²</u> |
| Cena celkem: | 1649 Kč / m ² |

VARIANTA 2a:

| | |
|------------------------|------------------------|
| Cihly vápenopískové: | 450 Kč /m ² |
| Malta M 15: | 420 Kč /m ² |
| Tepelná izolace: | 762 Kč /m ² |
| Weber tmel 700 x 2: | 124 Kč /m ² |
| Weber dur klasik RU: | 26 Kč / m ² |
| Weber Pas podklad UNI: | 14 Kč / m ² |
| Weber Pas Top Dry: | 88 Kč / m ² |

| | |
|-----------------------|------------------------------|
| Weber mur 643: | 76 Kč / m ² |
| hmoždinky Weber SD-5: | 50 Kč / m ² |
| <u>Perlinka:</u> | <u>13 Kč / m²</u> |
| Cena celkem: | 2023 Kč / m ² |

VARIANTA 2b:

| | |
|------------------------|------------------------------|
| Cihly vápenopískové: | 450 Kč / m ² |
| Malta M 15: | 420 Kč / m ² |
| Tepelná izolace: | 545 Kč / m ² |
| Weber tmel 700 x 2: | 124 Kč / m ² |
| Weber dur klasik RU: | 26 Kč / m ² |
| Weber Pas podklad UNI: | 14 Kč / m ² |
| Weber Pas Top Dry: | 88 Kč / m ² |
| Weber mur 643: | 76 Kč / m ² |
| hmoždinky Weber SD-5: | 50 Kč / m ² |
| <u>Perlinka:</u> | <u>13 Kč / m²</u> |
| Cena celkem: | 1806 Kč / m ² |

VARIANTA 3a:

| | |
|------------------------|------------------------------|
| Vápenopískové bloky: | 699 Kč / m ² |
| Malta M 15: | 320 Kč / m ² |
| Tepelná izolace: | 762 Kč / m ² |
| Weber tmel 700 x 2: | 124 Kč / m ² |
| Weber dur klasik RU: | 26 Kč / m ² |
| Weber Pas podklad UNI: | 14 Kč / m ² |
| Weber Pas Top Dry: | 88 Kč / m ² |
| Weber mur 643: | 76 Kč / m ² |
| hmoždinky Weber SD-5: | 50 Kč / m ² |
| <u>Perlinka:</u> | <u>13 Kč / m²</u> |
| Cena celkem: | 2172 Kč / m ² |

VARIANTA 3b:

| | |
|----------------------|-------------------------|
| Cihly vápenopískové: | 699 Kč / m ² |
| Malta M 15: | 320 Kč / m ² |

| | |
|------------------------|------------------------------|
| Tepelná izolace: | 545 Kč / m ² |
| Weber tmel 700 x 2: | 124 Kč / m ² |
| Weber dur klasik RU: | 26 Kč / m ² |
| Weber Pas podklad UNI: | 14 Kč / m ² |
| Weber Pas Top Dry: | 88 Kč / m ² |
| Weber mur 643: | 76 Kč / m ² |
| hmoždinky Weber SD-5: | 50 Kč / m ² |
| <u>Perlinka:</u> | <u>13 Kč / m²</u> |
| Cena celkem: | 1955 Kč / m ² |

VARIANTA 4a:

| | |
|-----------------------------|------------------------------|
| Zdivo Porotherm 30 AKU P+D: | 800 Kč / m ² |
| Malta Porotherm pro zdění: | 125 Kč / m ² |
| Tepelná izolace: | 660 Kč / m ² |
| Weber tmel 700: | 66 Kč / m ² |
| Weber dur klasik RU: | 26 Kč / m ² |
| Weber Pas podklad UNI: | 14 Kč / m ² |
| Weber Pas Top Dry: | 88 Kč / m ² |
| Weber mur 643: | 76 Kč / m ² |
| hmoždinky Weber SD-5: | 50 Kč / m ² |
| <u>Perlinka:</u> | <u>13 Kč / m²</u> |
| Cena celkem: | 1918 Kč / m ² |

VARIANTA 4b:

| | |
|-----------------------------|------------------------------|
| Zdivo Porotherm 30 AKU P+D: | 800 Kč / m ² |
| Malta Porotherm pro zdění: | 125 Kč / m ² |
| Tepelná izolace: | 472 Kč / m ² |
| Weber tmel 700: | 66 Kč / m ² |
| Weber dur klasik RU: | 26 Kč / m ² |
| Weber Pas podklad UNI: | 14 Kč / m ² |
| Weber Pas Top Dry: | 88 Kč / m ² |
| Weber mur 643: | 76 Kč / m ² |
| hmoždinky Weber SD-5: | 50 Kč / m ² |
| <u>Perlinka:</u> | <u>13 Kč / m²</u> |

Cena celkem: 1730 Kč / m²

5.2 Střešní plášť

CENY MATERIÁLŮ:

Střešní krytina – pálené tašky samba 11

$$46,31 \text{ Kč / ks ; } 14 \text{ ks / m}^2 \rightarrow \underline{634 \text{ Kč / m}^2} \quad [20]$$

Laťování (latě + kontralatě)

$$14 \text{ Kč / m}^2 (60 \times 40 \text{ mm, penetrované}) ; 6 \text{ m / m}^2 \rightarrow \underline{102 \text{ Kč / m}^2} \quad [21]$$

Střešní fólie Jutadach

$$\underline{30 \text{ Kč / m}^2} \quad [22]$$

Řezivo, dřevo C24 – dřevěný rošt (100 x 60 mm)

[23]

$$7900 \text{ Kč / m}^3 ; 2 \text{ ks / m}^2 (\text{reálně méně})$$

$$0,1 \times 0,06 \times 1 = 0,006 \text{ m}^3$$

$$1 / 0,006 = 167 \text{ m / m}^3$$

$$2 \times 7900 / 167 = \underline{94 \text{ Kč / m}^2}$$

Tepelná izolace do roštu – minerální vata Isover TF Profi , tl. 100 mm [16]

$$254 \text{ Kč / m}^2 \rightarrow 0,94 \times 254 = \underline{239 \text{ Kč / m}^2}$$

Krokve dřevo C24 (200 x 80)

[23]

$$7900 \text{ Kč / m}^3 ; \text{osová vzdálenost} = 1,3 \text{ m}$$

$$1 \times 0,2 \times 0,08 = 0,016 \text{ m}^3 / \text{m}^2$$

$$1 / 0,016 = 62,5 \text{ m}$$

$$7900 / 62,5 / 1,3 = \underline{97 \text{ Kč / m}^2}$$

Tepelná izolace mezi krokve – minerální vata Isover TF Profi , tl. 200 mm

$$508 \text{ Kč / m}^2$$

$$508 \times 1,22 / 1,3 = \underline{477 \text{ Kč / m}^2} \quad [16]$$

Parozábrana Jutafol N 110

$$\underline{10 \text{ Kč / m}^2} \quad [24]$$

SDK podhled (voděodolný)

$$82 \text{ Kč / m}^2$$

$$2 \text{ vrstvy} \rightarrow 2 \times 82 = \underline{164 \text{ Kč / m}^2} \quad [25]$$

Řezivo – vazník (C24) vč. pobití

$$7900 \text{ Kč / m}^3$$

$$0,16 \times 0,08 \times 3 / 1,3 + 0,05 \times 0,08 \times 5 = \underline{0,05 \text{ m}^3 / \text{m}^2} \quad [23]$$

$$7900 \times 0,05 = \underline{395 \text{ Kč / m}^2}$$

Tepelná izolace mezi vazníky – PUR pěna

[26]

$$2500 \text{ Kč / m}^3$$

$$1 \times 1 \times 0,53 = 0,53 \text{ m}^3$$

$$0,53 - 0,05 = 0,48 \text{ m}^3$$

$$0,48 \times 2500 = \underline{1200 \text{ Kč / m}^2}$$

OSB desky tl. 25 mm (P+D)

$$\underline{256 \text{ Kč / m}^2}$$

[27]

VARIANTA S1:

| | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Krytina: | 634 Kč /m ² |
| Laťování: | 102 Kč /m ² |
| Pojistná hydroizolace: | 30 Kč /m ² |
| OSB desky: | 256 Kč /m ² |
| Dřevěné konstrukce: | 395 Kč / m ² |
| Tepelná izolace – PUR pěna: | 1200 Kč / m ² |
| Parozábrana: | 10 Kč / m ² |
| <u>SDK:</u> | <u>164 Kč / m²</u> |
| Cena celkem: | 2791 Kč / m ² |

VARIANTA S2:

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Krytina: | 634 Kč /m ² |
| Laťování: | 102 Kč /m ² |
| Pojistná hydroizolace: | 30 Kč /m ² |
| Dřevěný rošt + tepelná izolace x 2: | 666 Kč /m ² |
| Krokve + tepelná izolace: | 483 Kč / m ² |
| Parozábrana: | 10 Kč / m ² |
| <u>SDK podhled:</u> | <u>164 Kč / m²</u> |
| Cena celkem: | 2089 Kč / m ² |

| Skladby | Tl. Stěny [mm] | Cena [Kč/m ²] | U [W/(m ² K)] |
|---------|----------------|---------------------------|--------------------------|
| 1a | 460 | 1866 | 0.12 |
| 1b | 460 | 1649 | 0.12 |
| 2a | 460 | 2023 | 0.12 |
| 2b | 460 | 1806 | 0.12 |
| 3a | 495 | 2172 | 0.12 |
| 3b | 495 | 1955 | 0.12 |
| 4a | 580 | 1918 | 0.13 |
| 4b | 580 | 1730 | 0.13 |

Tab. 1 Porovnání jednotlivých skladeb obvodových plášťů

| Skladby | Tl. k-ce [mm] | Cena [Kč/m ²] | U [W/(m ² K)] |
|---------|---------------|---------------------------|--------------------------|
| S1 | 825 | 2791 | 0.10 |
| S2 | 590 | 2081 | 0.12 |

Tab. 2 Porovnání skladeb střešních plášťů

6. Environmentální hodnocení materiálových variant

Jednotlivé skladby jsou posuzovány z hlediska vlivu na životní prostředí. Konkrétně je srovnáváno: svázaná primární energie, svázané ekvivalentní emise CO₂ a svázané ekvivalentní emise SO₂. Porovnávány jsou vždy jen rozdílné materiály jednotlivých skladeb. [28]

6.1 Obvodový plášť

| Materiál | Svázaná primární energie [MJ/kg] | Svázané ekvivalentní emise CO ₂ [kg _{CO2,ekv} /kg] | Svázané ekvivalentní emise SO ₂ [g _{SO2,ekv} /kg] |
|-----------------------|----------------------------------|--|---|
| Cihly plné pálené | 2.57 | 0.24 | 0.55 |
| Cihly vápenopískové | 1.28 | 0.13 | 0.21 |
| Cihly pálené dutinové | 2.57 | 0.24 | 0.55 |
| Minerální vata | 20.19 | 1.13 | 8.36 |
| Polystyren EPS | 105.07 | 4.21 | 14.9 |

Tab. 3 Porovnávané materiály

Z těchto údajů jsou vypočteny konkrétní hodnoty pro dané materiálové varianty v závislosti na tloušťce materiálů a jejich objemové hmotnosti.

| Materiál | Tl. Materiálu [mm] | Objemová hmotnost [kg/m ³] | Objem materiálu na m ² stěny [m ³] | Hmotnost materiálu na m ² stěny [Kg] | Svázaná primární energie [MJ/m ²] | Svázané ekvivalentní emise CO ₂ [kg _{CO2,ekv} /m ²] | Svázané ekvivalentní emise SO ₂ [g _{SO2,ekv} /m ²] |
|-----------------------|--------------------|--|---|---|---|---|--|
| Cihly plné pálené | 140 | 1700 | 0.14 | 238 | 611.66 | 57.12 | 130.90 |
| Cihly vápenopiskové | 140 | 1900 | 0.14 | 266 | 340.48 | 34.58 | 55.86 |
| Vápenopiskové bloky | 175 | 1900 | 0.175 | 332.5 | 425.60 | 43.23 | 69.83 |
| Cihly pálené dutinové | 300 | 980 | 0.3 | 294 | 755.58 | 70.56 | 161.70 |
| Minerální vata | 300 | 50 | 0.3 | 15 | 302.85 | 16.95 | 125.40 |
| | 260 | | 0.26 | 13 | 262.47 | 14.69 | 108.68 |
| Polystyren EPS | 300 | 30 | 0.3 | 9 | 945.63 | 37.89 | 134.10 |
| | 260 | | 0.26 | 7.8 | 819.55 | 32.84 | 116.22 |

Tab. 4 Porovnávání materiálů vztahené k jejich konkrétním tloušťkám

6.2 Střešní plášť

| Materiál | Svázaná primární energie [MJ/kg] | Svázané ekvivalentní emise CO ₂ [kg _{CO2,ekv} /kg] | Svázané ekvivalentní emise SO ₂ [g _{SO2,ekv} /kg] |
|----------------|----------------------------------|--|---|
| Minerální vata | 20.19 | 1.13 | 8.36 |
| PUR pěna | 99.27 | 4.85 | 20.28 |

Tab. 5 Porovnávání materiálů

Z těchto údajů jsou vypočteny konkrétní hodnoty pro dané materiálové varianty v závislosti na tloušťce materiálů a jejich objemové hmotnosti. Ostatní vrstvy materiálů jsou v obou variantách totožné, v případě nosné dřevěné konstrukce je množství dřeva přibližně shodné.

| Materiál | Tl. Materiálu [mm] | Objemová hmotnost [kg/m ³] | Objem materiálu na m ² stěny [m ³] | Hmotnost materiálu na m ² stěny [Kg] | Svázaná primární energie [MJ/m ²] | Svázané ekvivalentní emise CO ₂ [kg _{CO2,ekv} /m ²] | Svázané ekvivalentní emise SO ₂ [g _{SO2,ekv} /m ²] |
|----------------|--------------------|--|---|---|---|---|--|
| Minerální vata | 300 | 50 | 0.37 | 18.5 | 373.52 | 20.91 | 156.66 |
| PUR pěna | 530 | 10 | 0.48 | 4.8 | 476.50 | 23.28 | 97.34 |

Tab. 6 Porovnávání materiálů vztahené k jejich konkrétním tloušťkám

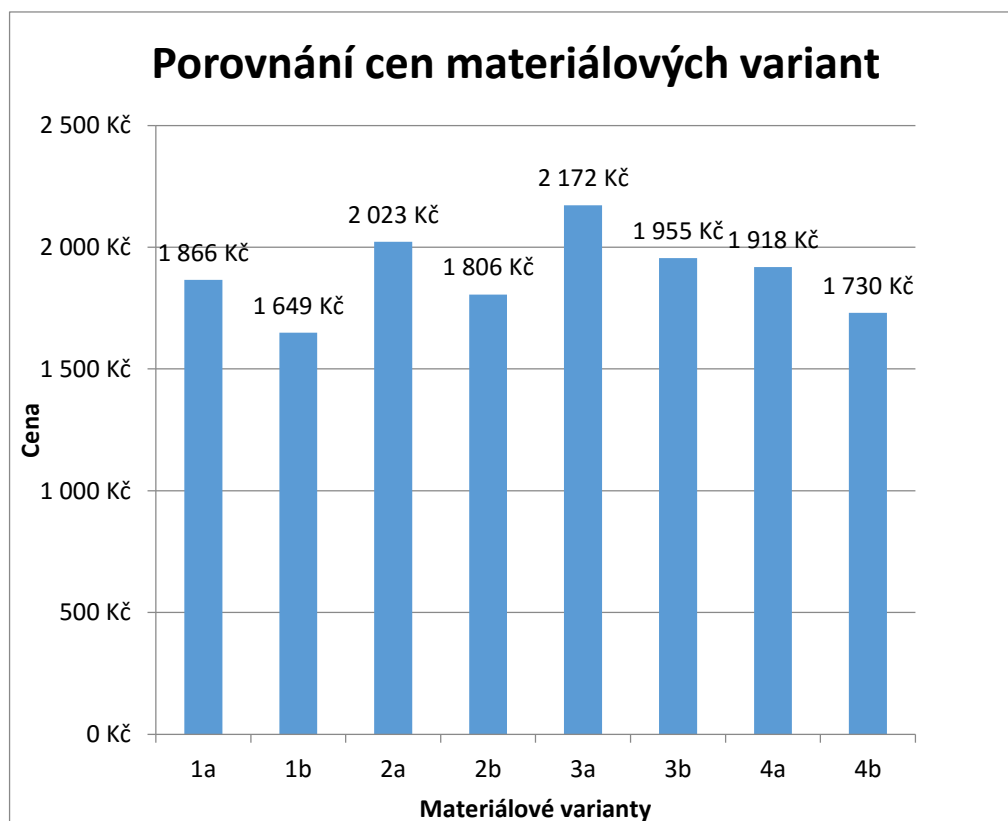
7. Výběr výsledných materiálových variant

Výsledné Skladby jsou vybrány na základě tloušťky konstrukce, součinitele prostupu tepla, pořizovací ceny a environmentálních kritérií. V potaz jsou vzaty i další fyzikální vlastnosti jednotlivých materiálových variant.

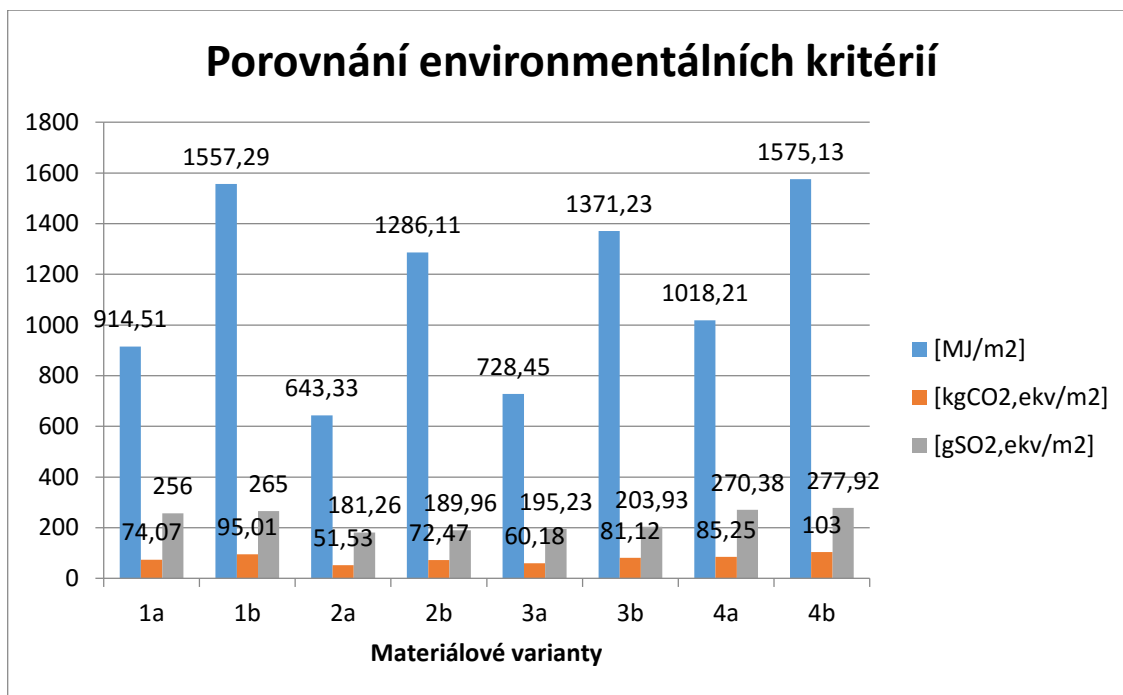
7.1 Obvodový plášť

| Skladby | Tl. Stěny [mm] | Cena [Kč/m ²] | U [W/(m ² K)] | Svázaná primární energie [MJ/m ²] | Svázané ekvivalentní emise CO ₂ [kg _{CO2,ekv} /m ²] | Svázané ekvivalentní emise SO ₂ [g _{SO2,ekv} /m ²] |
|---------|----------------|---------------------------|--------------------------|---|---|--|
| 1a | 460 | 1866 | 0.12 | 914.51 | 74.07 | 256.30 |
| 1b | 460 | 1649 | 0.12 | 1557.29 | 95.01 | 265.00 |
| 2a | 460 | 2023 | 0.12 | 643.33 | 51.53 | 181.26 |
| 2b | 460 | 1806 | 0.12 | 1286.11 | 72.47 | 189.96 |
| 3a | 495 | 2172 | 0.12 | 728.45 | 60.18 | 195.23 |
| 3b | 495 | 1955 | 0.12 | 1371.23 | 81.12 | 203.93 |
| 4a | 580 | 1918 | 0.13 | 1018.21 | 85.25 | 270.38 |
| 4b | 580 | 1730 | 0.13 | 1575.13 | 103.40 | 277.92 |

Tab. 7 Porovnané skladby



Obr. 14 Porovnávané skladby z hlediska finančních nákladů jednotlivých materiálů



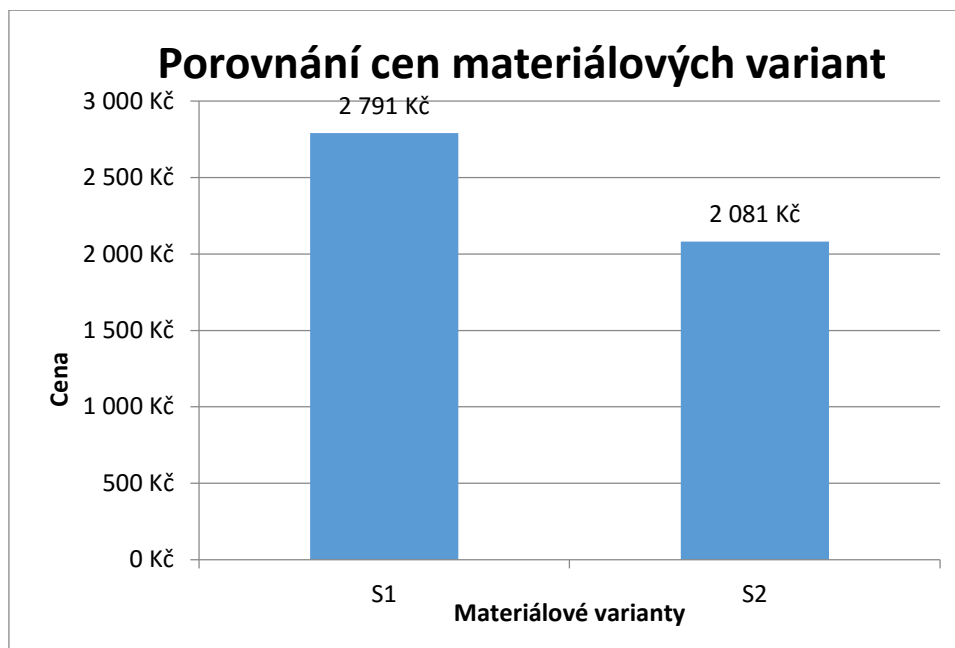
Obr. 15 Porovnávané skladby z hlediska environmentálních kritérií

Jako optimální varianta se jeví skladba „2a“. Z hlediska environmentálních kritérií a tloušťky konstrukce je tato možnost nejvýhodnější. Součinitel prostupu tepla je po zaokrouhlení na dvě desetinná místa shodný s dalšími variantami. (S výjimkou dvou posledních variant, které z tohoto pohledu vycházejí nejhůře.) Za patrně jedinou nevýhodu lze označit cenu této varianty. Ta je ale stále srovnatelná s ostatními alternativami a její vliv na výslednou cenu objektu je tedy zanedbatelný.

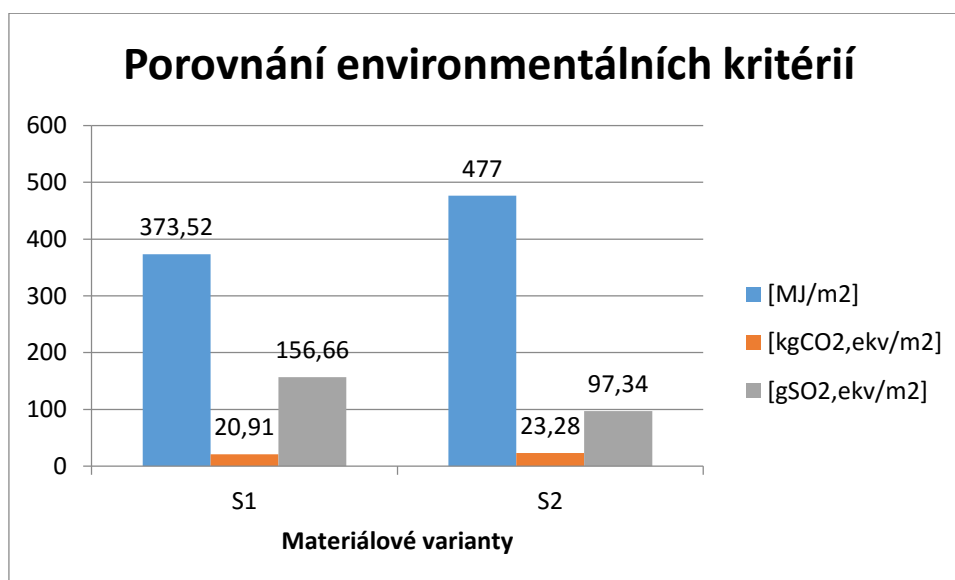
7.2 Střešní plášť

| Skladby | Tl. k-ce [mm] | Cena [Kč/m ²] | U [W/(m ² K)] | Svázaná primární energie [MJ/m ²] | Svázané ekvivalentní emise CO ₂ [kgCO ₂ ,ekv/m ²] | Svázané ekvivalentní emise SO ₂ [gSO ₂ ,ekv/m ²] |
|---------|------------------|------------------------------|--------------------------|--|--|---|
| S1 | 825 | 2791 | 0.10 | 373.52 | 20.91 | 156.66 |
| S2 | 590 | 2081 | 0.12 | 476.50 | 23.28 | 97.34 |

Tab. 8 Porovnané skladby



Obr. 16 Porovnávané skladby z hlediska finančních nákladů jednotlivých materiálů



Obr. 17 Porovnávané skladby z hlediska environmentálních kritérií

Z pohledu environmentálních kritérií nejsou skladby významně odlišné. Jako optimálnější lze označit Skladbu „S2“. Tato varianta je úspornější z pohledu ceny i výsledné tloušťky konstrukce. Součinitel prostupu tepla není natolik ideální jako ve variantě „S1“, ale je stále vyhovující. Za zmínku stojí i podotknutí lepších vlastností vybrané varianty z hlediska akustiky a požární odolnosti.

8. Statika

8.1 Konstrukce střechy

ZATÍŽENÍ:

Krytina: 0,45 kN/m²

Sníh: sněhová oblast I → 0,7 kN/ m²

$$g_k = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,7 = \underline{0,56 \text{ kN/ m}^2}$$

Vítr: větrná oblast II , kategorie terénu II → 25m/s

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 = 390 \text{ Pa} = \underline{0,39 \text{ kN/m}^2}$$

Vlastní tíha: $0,4 \times (0,1 \times 500 + 0,9 \times 50) = 38 \text{ Kg/m}^2 = \underline{0,38 \text{ kN/m}^2}$

EMPIRICKÝ NÁVRH KROVU [29]

(vzorce pro těžkou krytinu)

h = výška profilu trámce [cm]

b = šířka profilu trámce [cm]

a = volná délka trámce [m] (vzdálenost od podpory k podpoře)

d = vzdálenost plných vazeb [m]

Krokve:

$$h = 3 \times a + 4 \text{ cm} = 3 \times 4 + 4 = 16 \text{ cm} = \underline{160 \text{ mm}}$$

$$b = \frac{4}{5} h = \frac{4}{5} \times 160 = 128 \text{ mm} \sim \underline{120 \text{ mm}}$$

Nový návrh průřezu: 200 x 80 [mm]

Ověření průřezu:

$$\text{a) } \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \times 120 \times 160^3 = \underline{40,96 \times 10^6 \text{ mm}^6}$$

$$\text{b) } \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12} \times 80 \times 200^3 = \underline{53,33 \times 10^6 \text{ mm}^6}$$

Moment setrvačnosti nového průřezu je větší než u původního průřezu.

Z hlediska únosnosti je návrh na straně bezpečnosti, je ale nutné zabránit klopení prvku.

Vaznice:

$$h = d \times a + 3 \text{ cm} = 3 \times 4 + 3 = 15 \text{ cm} \sim 16 \text{ cm} = \underline{160 \text{ mm}}$$

$$b = \frac{3}{4} \sim \frac{4}{5} h = \frac{4}{5} \times 160 = 128 \text{ mm} \sim \underline{140 \text{ mm}}$$

Průřez: 160 x 160 [mm] (160mm = šířka sloupku)

Sloupky:

$$h = a + 14 \text{ cm} = 2 + 14 = 16 \text{ cm} = \underline{160 \text{ mm}}$$

$$b = h = \underline{160 \text{ mm}}$$

Průřez: 160 x 160 [mm]

Kleštiny (zdvojené):

$$h = a + 16 \text{ cm} = 3,3 + 16 = 19,3 \text{ cm} \sim 20 \text{ cm} = \underline{200 \text{ mm}}$$

$$b = h/2 = 200 / 2 = 100 \text{ mm} \sim \underline{80 \text{ mm}} \text{ (šířka krokví)}$$

Průřez: 200 x 80 [mm]

Výpočet vnitřních sil a reakcí viz příloha č. 1 – vypočteno v programu Scia Engineer.

Největší ohybový moment – vaznice

$$M_{ed} = 0,98 \text{ kNm}$$

$$f_{td} = k_{mod} \cdot f_{tk} / \gamma_M = 0,8 \times 24 / 1,3 = \underline{14,77 \text{ MPa}}$$

$$\sigma_{td} = M_{sd} / W \leq f_{td}$$

$$0,98 / (1/6 \cdot b \cdot h^2) \leq 14,77 \times 10^3 \text{ [kPa]}$$

$$0,98 \times 6 / 0,16^3 = 1\,435,5 \leq 14\,770 \text{ [kPa]}$$

$$M_{rd} \geq M_{ed}$$

Vyhovuje

8.2 Stropní konstrukce

- ŽB deska
- beton C 20/25
- ocel B 500 B

$$C_{min} = 20 \text{ mm} ; C_{nom} = 25 \text{ mm} \rightarrow C = 25 \text{ mm}$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 20 / 1,5 = 13,33 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,78 \text{ MPa}$$

Výpočet vnitřních sil a reakcí viz příloha č. 2 – vypočteno v programu Scia Engineer.

$$M_{ed} = 21,54 \text{ kNm}$$

NÁVRH:

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$6 \text{ } \varnothing 12 \text{ mm / m}$$

$$A_s = 6 \cdot \pi \cdot 6^2 = 678 \text{ mm}^2$$

$$x = (A_s \cdot f_{yd}) / (0,8 \cdot b \cdot f_{cd}) = 0,678 \times 434,78 / (0,8 \times 1 \times 13,33) = 27,6 \text{ mm}$$

$$z = h - x/2 - C - \varnothing/2 = 150 - 27,6/2 - 25 - 12/2 = 105,2 \text{ mm}$$

$$M_{rd} = f_{yd} \cdot A_s \cdot z = 434,78 \times 678 \times 105,2 \times 10^{-6} = \underline{31,01 \text{ kNm}}$$

$$M_{rd} \geq M_{ed}$$

$$31,01 \geq 21,54 \text{ [kNm]}$$

Vyhovuje

Z hlediska únosnosti je konstrukce předimenzovaná. Z hlediska průhybu je návrh optimální.

8.3 Zdivo

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} = 0,55 \times 30^{0,7} \times 15^{0,3} = \underline{13,4 \text{ MPa}}$$

$$f_d = f_k / \gamma_M = 13,4 / 2,2 = \underline{6,09 \text{ MPa}}$$

[29]

ZJEDNODUŠENÉ OVĚŘENÍ ÚNOSNOSTI V TLAKU:

- výška budovy $h_m \leq 12 \text{ m}$
- světlá výška patra $\leq 3,2 \text{ m}$
- rozpětí stropů uložených na stěnách $l_f \leq 7 \text{ m}$
- charakteristická hodnota užitého zatížení stropů $\leq 5 \text{ kN/m}^2$
- stěny jsou na sebe kolmé a v patě i hlavě podepřeny po celé délce

$$N_{ed} \leq k \cdot t \cdot b \cdot f_d = 0,2 \times 0,14 \times 1 \times 6,09 \times 10^3 = 170,52 \text{ kN}$$

$$N_{ed, \max} = 54,04 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Pro $f_d > 2,5 \text{ MPa}$:

$$l_f \leq 4,5 + 10 t = 4,5 + 10 \times 0,14 = 5,9 \text{ m} \leq 6 \text{ m}$$

Vyhovuje

Minimální tl. stěny:

$$t \geq C_1 \cdot q_{Ewd} \cdot b \cdot h^2 / N_{ed} + C_{2h} \\ \geq 0,13 \times 0,59 \times 1 \times 3^2 / 21,51 + 0,019 \times 3 = 0,089\text{m} \\ 0,089 \leq 0,14 \text{ [m]}$$

Vyhovuje

Účinná výška stěny:

$$h_{ef} = \rho_n \cdot h = \rho_2 \cdot h = 0,75 \times 3000 = \underline{2250\text{mm}}$$

Štíhlost stěny:

$$h_{ef} / t_{ef} \leq 21 \\ 2250 / 140 = 16,07 \leq 21$$

Vyhovuje

Návrhová únosnost v tlaku (budova s méně než třemi nadzemními podlažími):

$$N_{Rd} = c_A \cdot A \cdot f_d = 0,36 \times 1 \times 0,14 \times 6,09 \times 10^3 = \underline{306,94 \text{ kN}}$$

- hodnotu c_A lze uvažovat 0,5 nebo 0,36
- pro danou štíhlost lze uvažovat hodnotu 0,5 (pro štíhlost < 18)
- v návrhu uvažují součinitel $c_A = 0,36$ (návrh je na straně bezpečnosti)

Maximální síla v hlavě stěny je velikosti 54,04 kN.

$$\text{Započítání vlastní tíhy stěny: } 0,15 \times 1 \times 3 \times 1900 / 100 = \underline{8,55 \text{ kN}}$$

$$\text{Reakce v patě stěny: } N_{ed} = 54,04 + 8,55 = \underline{62,59 \text{ kN}}$$

$$N_{Rd} \geq N_{ed}$$

$$306,94 \geq 62,59 \text{ [kN]}$$

Vyhovuje

8.4 Základové konstrukce

- podloží tvoří: vápence, břidlice, křemeny, nezpevněný sediment, sprašová hlína
- uvažují třídu podloží R4 – R5 (odhad na straně bezpečnosti)
- pevnost $\sigma_c = 5\text{MPa}$
- objekt bude založen na ŽB základové desce \rightarrow její tloušťka se odvíjí od možného rizika protlačení vertikálních konstrukcí přímo působících na tuto desku

NÁVRH:

- beton C 20/25 – cl 0,2 D_{max} 16- S3
- ocel B 500 B
- h = 300 mm
- Posouzení protlačení desky se bude posuzovat stejným způsobem jako železobetonová patka o velikosti zatěžovací šířky.
- z hlediska protlačení se jeví jako nejobtížnější rohová konstrukce, posuzovaný bude tedy rohový úsek obvodové zdi délky 1m
- [30]

Zatížení v patě stěny:

$$N_{ed} = 21,51 + 19 \times 3 \times 0,15 = \underline{30,06 \text{ kN}}$$

$$V_{ed} = 8,38 - 3,91 + 0,65 = \underline{5,12 \text{ kN}}$$

$$d = h - c - \emptyset/2 = 300 - 50 - 16/2 = \underline{242 \text{ mm}}$$

Nultý kontrolovaný obvod:

$$u_0 = 140 + 1000 = \underline{1140 \text{ mm}}$$

První kontrolovaný obvod:

$$u_1 = 1140 + \pi \cdot d = 1140 + \pi \cdot 242 = \underline{1900 \text{ mm}}$$

Excentricita:

$$e = (V_{ed} \cdot d) / (N_{ed}) = (5,12 \times 0,242) / 30,06 = \underline{0,041 \text{ m}}$$

Kontaktní napětí:

$$\sigma = N_{ed} / (l_f (b_f - d)) = 30,06 / (1,6 \times (1 - 0,041)) = \underline{19,59 \text{ kPa}}$$

Posudek v místě stěny:

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = \underline{0,55}$$

$$V_{ed,red0} = \sigma \cdot (b_f \cdot l_f - b_s \cdot h_s) = 19,59 \times (1,6 \times 1 - 1 \times 0,14) = \underline{28,60 \text{ kN}}$$

$$V_{ed,0} = \beta \cdot V_{ed,red} / (u_0 \cdot d) = 1 \times 28,60 / (1,14 \times 0,242) = \underline{103,67 \text{ kPa}}$$

(Součinitel β byl uvažován hodnotou 1, protože vliv ohybového momentu byl zohledněný v A_{eff})

$$V_{Rd,max} = 0,4 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,4 \times 0,55 \times 20 / 1,5 = \underline{2,93 \text{ MPa}}$$

$$V_{ed,0} \leq V_{Rd,max}$$

$$103,67 \leq 2930 \text{ [kPa]}$$

Vyhovuje

Posudek v prvním kontrolovaném obvodu:

$$\begin{aligned} A_1 &= (b_s + 2d) (h_s + 2d) + (\pi \cdot d^2 - 4 d^2) = \\ &= (0,14 + 2 \times 0,242) (1 + 2 \times 0,242) + (\pi \cdot 0,242^2 - 4 \cdot 0,242^2) = \underline{0,88 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

$$V_{ed,red1} = \sigma \cdot (b_f \cdot l_f - A1) = 19,59 \times (1 \times 1,6 - 0,88) = \underline{14,10 \text{ kN}}$$

$$V_{ed,1} = \beta \cdot V_{ed,red1} / (u_1 \cdot d) = 1 \times 14,10 / (1,9 \times 0,242) = \underline{30,67 \text{ kPa}}$$

$$k_h = 1 + (200 / d)^{1/2} = 1 + (200 / 242)^{1/2} = \underline{1,91}$$

$$\rho = 0,005 \text{ (odhad)}$$

$$C_{Rd,c} = 0,12$$

$$V_{rd,c,1} = 2d / 2d \cdot C_{Rd,c} \cdot k_h \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{1/3}$$

$$= (2 \times 242) / (2 \times 242) \times 0,12 \times 1,91 \times (100 \times 0,005 \times 20)^{1/3}$$

$$= 0,49 \text{ MPa} = \underline{490 \text{ kPa}}$$

$$V_{rd,c,1} \geq V_{ed,1}$$

$$490 \geq 30,67 \text{ [kPa]}$$

Vyhovuje

9. TZB

9.1 Kanalizace

- literatura [32]

| Množství splaškových vod | | | |
|--------------------------|----------|----|------------|
| 1.NP | DU [l/s] | ks | DU Σ [l/s] |
| umyvadlo | 0.5 | 3 | 1.5 |
| kuchyňský dřez | 0.8 | 2 | 1.6 |
| WC, splach. Nádrž na 6 l | 2 | 2 | 4 |
| vana | 0.3 | 1 | 0.3 |
| pračka | 1.5 | 1 | 1.5 |
| 2.NP | | | |
| umyvadlo | 0.5 | 3 | 1.5 |
| WC, splach. Nádrž na 6 l | 2 | 1 | 2 |
| vana | 0.3 | 1 | 0.3 |
| pračka | 1.5 | 1 | 1.5 |
| sprchový kout | 0.8 | 1 | 0.8 |
| Celkem | | | 15 l/s |

Tab. 9 množství splaškových vod od jednotlivých zařizovacích předmětů

Součet odtoku

$$k = 0,5$$

$$k \cdot \sum DU^{1/2} = 0,5 \times 15^{1/2} = \underline{1,94 \text{ l/s}}$$

$$\text{DN } 100 \text{ mm} \rightarrow Q_{\max} = 4 \text{ l/s} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

Dešťová voda

$$C = 1 ; i = 0,03 \text{ l/s}$$

$$Q_r = i \cdot A \cdot C = 0,03 \times (18,21 \times 8,28 / 2) / 2 = \underline{1,13 \text{ l/s}} \quad (\text{na 1 dešťový svod})$$

$$\text{DN } 70 = 3,2 \text{ l/s} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$\text{Maximální průtok z celé střechy} = \underline{4,32 \text{ l/s}}$$

$$\text{DN } 100 = 8,1 \text{ l/s} \rightarrow \text{vyhovuje}$$

9.2 Vodovod

- potřeba teplé vody – přibližně 125 l/(os. den) [31]
- centrální zásobník teplé vody $V = 1000 \text{ l} \rightarrow$ optimální pro 8 osob
- dimenze vodovodní přípojky
- literatura [33, 34]

| mísící baterie | [l/s] |
|----------------|-------|
| vanová | 0.3 |
| sprchová | 0.2 |
| umyvadelová | 0.2 |
| dřezová | 0.2 |
| | |
| pračka | 0.2 |
| wc | 0.15 |

Tab. 10 jmenovité průtoky zařizovacích předmětů

maximální průtok:

$$Q_d = \left(\sum Q_{Ai}^2 \cdot n_i \right)^{1/2} = (0,15^2 \cdot 3 + 0,2^2 \cdot 1 + 0,2^2 \cdot 2 + 0,3^2 \cdot 2 + 0,2^2 \cdot 2)^{1/2} = \underline{0,67 \text{ l/s}}$$

$$D \times t = 32 \times 4,5 \text{ mm (sv. = 23 mm)} - \text{max. průtok} = 0,83 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

9.3 Větrání

Jedná se o nucené větrání zajištěno vzduchotechnickou jednotkou duplex RD. Rozvody VZT jsou vedeny v prostoru nad kleštinami ve 2. NP a v podhledu v chodbě v 1.NP. Přívodní i odvodní potrubí je vedeno nad sebou. Přívod i odvod vzduchu v místnosti je vždy v jiném místě. Koupelny a WC jsou řešeny podtlakově, přívod vzduchu je zajištěn větrací mřížkou v dolní části dveří.

$$\text{Pro 8 osob} \rightarrow 25 \times 8 = 200 \text{ m}^3 / \text{hod.}$$

$$V = 200 \text{ m}^3/\text{h} (25 \text{ m}^3/\text{os.})$$

$$v = 4 \text{ m/s (hlavní větev)} \rightarrow 200 / 14\,400 \times 10^6 = 13\,889 \text{ mm}^3$$

Rozměr hlavní větve je 300 x 50 mm (15 000 mm²), vedlejších 200 x 50 mm.

9.3 Vytápění

Je zajištěno teplovzdušným vytápěním. Dále budou instalována žebříková otopná tělesa v koupelnách. V případě nedostatečného tepelného výkonu bude dle pozdějších výpočtů realizované podlahové vytápění. (pravděpodobně lokální, přednostně umístované pod okna objektu)

10. Závěr

Jedná se o energeticky úspornou stavbu rodinného domu. Byly vypracovány různé materiálové varianty obvodového pláště. Ty byly porovnány z hledisek environmentálních, nákladových a dalších. Výsledná varianta řešení byla vypracována jako projektová dokumentace v rozsahu pro stavební povolení.

Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obr. 1 Porotherm 38 T Profi [6] | 19 |
| Obr. 2 Liapor SL 365 [7] | 19 |
| Obr. 3 Příklad střešní konstrukce z CLT panelů, systém NovaTop [8]..... | 22 |
| Obr. 4 Zateplení základové desky systém Refaglass [9] | 23 |
| Obr. 5 Původní objekt z příjezdové komunikace- severovýchod | 25 |
| Obr. 6 Původní objekt - jihozápad | 25 |
| Obr. 7 Původní objekt – stávající krov | 26 |
| Obr. 8 Skladba obvodového pláště – varianta 1 | 27 |
| Obr. 10 Skladba obvodového pláště – varianta 3 | 28 |
| Obr. 11 Skladba obvodového pláště – varianta 4 | 29 |
| Obr. 12 Skladba střešního pláště – varianta 5..... | 30 |
| Obr. 13 Skladba střešního pláště – varianta 6..... | 30 |
| Obr. 14 Porovnávání skladby z hlediska finančních nákladů jednotlivých materiálů ... | 40 |
| Obr. 15 Porovnávání skladby z hlediska environmentálních kritérií | 41 |
| Obr. 16 Porovnávání skladby z hlediska finančních nákladů jednotlivých materiálů ... | 42 |
| Obr. 17 Porovnávání skladby z hlediska environmentálních kritérií | 42 |

Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tab. 1 Porovnání jednotlivých skladeb obvodových plášťů..... | 38 |
| Tab. 2 Porovnání skladeb střešních plášťů | 38 |
| Tab. 3 Porovnávání materiály | 38 |
| Tab. 4 Porovnávání materiály vztažené k jejich konkrétním tloušťkám..... | 39 |
| Tab. 5 Porovnávání materiály | 39 |
| Tab. 6 Porovnávání materiály vztažené k jejich konkrétním tloušťkám..... | 39 |
| Tab. 7 Porovnané skladby..... | 40 |
| Tab. 8 Porovnané skladby..... | 41 |
| Tab. 9 množství splaškových vod od jednotlivých zařizovacích předmětů | 48 |
| Tab. 10 jmenovité průtoky zařizovacích předmětů | 49 |

Použitá literatura

- [1] Jan Tywoniak a kolektiv: Nízkoenergetické domy principy a příklady, ISBN 80-247-1101-X
- [2] Jan Tywoniak a kolektiv: Nízkoenergetické domy 2 principy a příklady, ISBN 978-80-247-2061-6
- [3] Jan Tywoniak a kolektiv: Nízkoenergetické domy 3 nulové, pasivní a další, ISBN 978-80-247-3832-1
- [4] Josef Smola: Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů, ISBN 978-80-247-2995-4
- [5] www.pasivni-domy-pasea.cz/aktivni-domy
- [6] www.wienerberger.cz/revolucni-cihla-plnena-vatou.html?lpi=1366078176284
- [7] www.liapor.cz/cz/obvodove-zdivo#technicke-info
- [8] www.novaTop-system.cz/ke-stazeni/soubory-ke-st
- [9] www.refaglass.cz/konstrukcni-detaily/realizace-zakladovych-desek/
- [10] CIHELNA VYSOKÉ MÝTO s.r.o., Tisovská 269, Chocenské Předměstí, 566 01 Vysoké Mýto, ceník pro rok 2016
- [11] www.stawebniny.com/kmb-sendwix-licova-cihla-vf-nebarvena/d-72315/
- [12] <http://kalksandstein.cz/files/cenik.pdf>
- [13] <http://www.stawebniny.com/porotherm-30-aku-pd/d-73382/>
- [14] www.hasit.cz/Produkty/Zdici-malty-pro-normalni-zdivo
- [15] <http://stavebniny-levne.cz/porotherm-t-malta-pro-zdeni.html>
- [16] <http://www.isover-eshop.cz/isover-tf-profi?v=816>
- [17] <http://www.isover.cz/isover-eps-100f>
- [18] Ceník Weber pro rok 2016
- [19] www.zbozi.cz/vyrobek/den-braven-perlinka-armovaci-165g-50m-debetex/
- [20] www.dek.cz/pobocka-prah-zlicin/produkty/detail/1230135006-tondach
- [21] <http://www.karban.cz/stresni-late.php>
- [22] <http://e.coleman.cz/jutadach-115-special-p-007385-cz/>

- [23] <http://www.sucherezivo.cz/cenik-reziva/>
- [24] <http://www.stresnifolie.eu/detail/129-Parozabrana-Jutafol-N-110>
- [25] <http://www.stavbaonline.cz/sadrokartonove-desky-rb-125mm.html>
- [26] www.invest-star.cz/cenik-2016
- [27] <http://www.attica.cz/deska-osb-3-pd-tl25mm-169m2-675x2500mm/d-70412/>
- [28] <http://envimat.cz/>
- [29] Navrhování-zděných-konstrukcí-příručka-k-ČSN-EN-1996-1-1
- [29] <http://www.estrechy.cz/clanek-44-Statika-a-jeji-vliv-na-vestaveny-pud#>
- [30] Prof. Procházka a kolektiv – Navrhování betonových konstrukcí podle EN 1992-1-1 (EC2)
- [31] <http://euroclean.cz/clanky/spotreba-teple-vody/>
- [32] <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=36>
- [33] http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/hadraba/podklady/prutoky_voda.htm
- [34] <http://www.tzb-info.cz/4694-vypocet-vnitrnich-vodovodu-podle-nove-csn-75-5455>